

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2004104041
PUBLICATION DATE : 02-04-04

APPLICATION DATE : 13-09-02
APPLICATION NUMBER : 2002267508

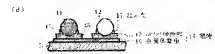
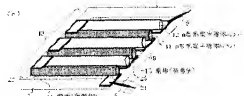
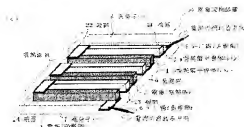
APPLICANT : SONY CORP;

INVENTOR : MOTOYAMA SHIGEKI;

INT.CL. : H01L 35/30 H01L 35/32 H01L 35/34 // H02N 11/00

TITLE : THERMOELECTRIC CONVERTING DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

本発明の熱電変換装置は、互いに異なる熱電変換素子



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thermoelectric converting device whose heat exchanging efficiency with the outside is excellent, and whose damage due to a thermal strain is minimized, and whose physical strength is sufficient and a method for manufacturing the thermoelectric converting device with high convenience, high efficiency, and high cost performance.

SOLUTION: A pair of flexible polymer sheets 7 and 8 whose horizontal end parts are equipped with electrodes 3 and 4 are used as supporting bodies. Bar-shaped p type thermoelectric semiconductor elements 1 and n type thermoelectric semiconductor elements 2 whose length is almost the same as the width of the polymer sheets are alternately arrayed between those two polymer sheets 7 and 8, and those respective elements are soldered to the electrodes 3 and 4 on the end part side faces so as to be serially connected. Then, the transfer of heat with the outside is carried out on the end faces where any supporting body does not exist. In this method for manufacturing this thermoelectric converting device, a set of array bodies where only the p type thermoelectric semiconductor elements 1 and the n type thermoelectric semiconductor elements 2 are arrayed are preliminarily manufactured on the polymer sheets 7 and 8, and both of them are fit to each other, and those respective elements are bonded to the electrodes at predetermined positions so as to be integrated.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-104041

(P2004-104041A)

(43) 公開日 平成16年4月2日 (2004.4.2)

(51) Int. Cl.⁷

F 1

テーマコード (参考)

H 01 L 35/30

H 01 L 35/30

H 01 L 35/32

H 01 L 35/32

A

H 01 L 35/34

H 01 L 35/34

// H 02 N 11/00

H 02 N 11/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 36 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2002-267508 (P2002-267508)

(22) 出願日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100076059

弁理士 遠坂 宏

(72) 発明者 折橋 正樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者 本山 茂樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(54) 【発明の名称】 熱電変換装置及びその製造方法

(57) 【要約】

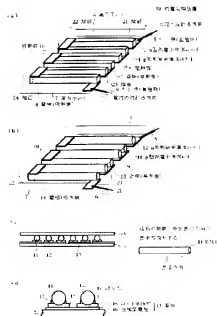
【課題】 外部との熱交換効率に優れ、熱歪みで破損しにくく、十分な物理的強度を有する熱電変換装置、及び、その簡便で、能率的で、低コストな製造方法を提供する。

【解決手段】 支持体として、横方向の端部に電極3及び電極4が設けられた一対のフレキシブルな高分子シート7及び8を用いる。2枚の高分子シート7及び8の間に、高分子シートの幅とほぼ同じ長さの棒状のP型熱電半導体エレメント1及びn型熱電半導体エレメント2を交互に配列し、各エレメントを端部側面に電極3及び4にはんだ付けし、直列に接続する。そして、外部との熱の授受を、支持体の存在しない端面にて行う。製造にあたっては、予め高分子シート7及び8上に、それぞれ、P型熱電半導体エレメント1及びn型熱電半導体エレメント2のみを配置した1組の配列体を予め作製しておき、両者を 合わせ、各エレメントを所定の位置で電極に接合して、一体化する。

【請求図】

図 1

図1の発明の概略図：(a) 正面図、(b) 側面図、(c) 断面図



【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数種の熱電変換エレメントが支持体の一方の面に交互に配列され、この配列方向と交差する方向における前記複数種の熱電変換エレメントの端部間が接続され、外部との熱の授受が少なくとも前記端部を介して行われる、熱電変換装置。

【請求項2】

前記複数種の熱電変換エレメントの端部が、前記支持体に設けられた電極に接合されている、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項3】

前記熱電変換エレメントが長手状であり、この長手状エレメントの端部間が接続されている、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項4】

前記支持体が可性の高分子支持体であり、この高分子支持体の幅に亘って、前記熱電変換エレメントが延びている、請求項3に記載した熱電変換装置。

【請求項5】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体の両側に前記支持体が存在している、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項6】

前記複数種の熱電変換エレメントが、電気的に直列に接続されている、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項7】

前記支持体上に配列された前記複数種の熱電変換エレメントの配列体が複数段に積層され、この積層方向にて前記配列体間が直列に電気的に接続されている、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項8】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体が前記支持体の折り返しによって蛇行形状をなしている、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項9】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体がロール状に巻き重ねられている、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項10】

前記複数種の熱電変換エレメントが、P型及びn型の熱電半導体からなる、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項11】

前記熱電変換エレメントがペルチェ素子又はゼーベック発電素子を構成する、請求項1に記載した熱電変換装置。

【請求項12】

互いに隣接する前記熱電変換エレメント間に断熱材が充填されている、請求項1に記載の熱電変換装置。

【請求項13】

複数種の長手状熱電変換エレメントが支持体の一方の面に交互に配列され、この配列方向と交差する方向における前記複数種の長手状熱電変換エレメントの端部間が接続されている、熱電変換装置。

【請求項14】

前記複数種の長手状熱電変換エレメントの端部が、前記支持体に設けられた電極に接合されている、請求項13に記載した熱電変換装置。

【請求項15】

前記支持体が可性の高分子支持体であり、この高分子支持体の幅に亘って、前記長手状熱電変換エレメントが延びている、請求項13に記載した熱電変換装置。

【請求項16】

前記複数種の長手状熱電変換エレメントの配列体の両側に前記支持体が存在している、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 17】

前記複数種の長手状熱電変換エレメントが、電気的に直列に接続されている、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 18】

前記支持体上に配列された前記複数種の長手状熱電変換エレメントの配列体が複数段に積層され、この積層方向にて前記配列体間が直列に電気的に接続されている、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 19】

前記複数種の長手状熱電変換エレメントの配列体が前記支持体の折り返しによって蛇行形状をなしている、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 20】

前記複数種の長手状熱電変換エレメントの配列体がロール状に巻き重ねられている、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 21】

前記複数種の長手状熱電変換エレメントが、P 型及び n 型の熱電半導体からなる、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 22】

前記長手状熱電変換エレメントがペルチェ素子又はゼーベック発電素子を構成する、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 23】

互いに隣接する前記長手状熱電変換エレメント間に断熱材が充填されている、請求項 13 に記載した熱電変換装置。

【請求項 24】

複数種の熱電変換エレメントが支持体の一方の面に交互に配列され、この配列方向と交差する方向における前記複数種の熱電変換エレメントの端部間が接続され、外部との熱の授受が少なくとも前記端部を介して行われる熱電変換装置の製造方法であって、前記複数種の熱電変換エレメントのうちの第 1 の熱電変換エレメントを前記支持体上に配列する工程と、前記第 1 の熱電変換エレメント間に第 2 の熱電変換エレメントを配列する工程と、前記第 1 の熱電変換エレメント及び前記第 2 の熱電変換エレメントを前記端部間で接続する工程とを有する、熱電変換装置の製造方法。

【請求項 25】

電極が形成された前記支持体上に、前記複数種の熱電変換エレメントのうちの第 1 の熱電変換エレメントを配列する工程と、電極が形成された第 2 の支持体上に、第 2 の熱電変換エレメントを配列する工程と、前記第 1 の熱電変換エレメント及び前記第 2 の熱電変換エレメントを前記端部間で前記電極を介して接続する工程と、前記第 1 の熱電変換エレメント及び前記第 2 の熱電変換エレメント同士を互いにめ合わせる工程とを有する、請求項 24 に記載した熱電変換装置の製造方法。

【請求項 26】

前記熱電変換エレメントを配列すべき支持体を繰り出し、前記め合わせ工程後に所定寸法に切断して前記熱電変換装置を製造する、請求項 25 に記載した熱電変換装置の製造方法。

【請求項 27】

前記熱電変換エレメントを長手状とし、この長手状エレメントの前記端部間を接続する、請求項 24 に記載した熱電変換装置の製造方法。

【請求項 28】

前記支持体を可溶性の高分子支持体とし、この高分子支持体の幅に亘って、前記熱電変換エレメントを配列する、請求項 27 に記載した熱電変換装置の製造方法。

【請求項 29】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体の両側に前記支持体を存在させる、請求項 24

10

20

30

40

50

に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 30】

前記複数種の熱電変換エレメントを、電気的に直列に接続する、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 31】

前記支持体上に配列された前記複数種の熱電変換エレメントの配列体を複数段に積層し、この積層方向に前記配列体間を直列に電気的に接続する、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 32】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体を前記支持体の折り返しによって蛇行形状に形成する、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 33】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体をロール状に巻き重ねる、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 34】

前記複数種の熱電変換エレメントを、P 型及び n 型の熱電半導体で形成する、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 35】

前記熱電変換素子によりヘルチエ素子又はゼーベック発電素子を構成する、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【請求項 36】

互いに隣接する前記熱電変換エレメント間に断熱材を充填する、請求項 24 に記載の熱電変換装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱電冷却素子（ヘルチエ冷却素子）もしくは熱電発電素子（ゼーベック発電素子）等の熱電変換素子を用いた熱電変換装置、及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、ヘルチエ効果を利用したヘルチエ冷却素子は、熱電（変換）半導体を利用したヒートポンプの一種として知られており、直流電流を通電することにより、素子の一方の面において熱を吸収し、他方の面において熱を放出するという特徴を持っている。簡単な構造で冷却作用が得られるため、半導体プロセス用恒温フレート、保温庫及び CPU（Central Processing Unit；中央演算ユニット）クーラー等への応用が拡大している。このヘルチエ冷却素子は、吸熱側と発熱側との温度差が小さいほど、冷却効果が高くなる。

【0003】

一方、ゼーベック効果を利用したゼーベック発電素子も知られており、素子の片面に熱を加え、素子の一方の面と他方の面との間に温度差を設けることにより、効率は低いが発電することができる。この原理は、体温と気温との差を利用して発電する発電式の腕時計等に活用されている。このゼーベック発電素子は、素子の高温部と低温部との温度差が大きくなるほど、発生する起電力（熱起電力）が大きくなる。

【0004】

ここで、上記のヘルチエ効果及びゼーベック効果等を総称して熱電変換効果と称し、これらの効果を利用したヘルチエ冷却素子及びゼーベック発電素子を熱電変換素子と称する。

【0005】

上記のヘルチエ冷却素子を用いた熱電変換装置とゼーベック発電素子を用いた熱電変換装置とは、動作方法は異なるが、全く同じ構造を有している。以下、図 10 を用いて、従来の一般的な熱電変換装置 70 の構造を説明する。

10

20

30

40

50

【00006】

図10の熱電変換装置70においては、アルミナ、窒化アルミニウム等からなる一対のセラミックス基板67及び68に、それぞれ、板状の金属電極63及び64（図示されていない）が設けられている。そして、セラミックス基板67及び68の間に、P型熱電半導体エレメント61とn型熱電半導体エレメント62とが交互に配列されている。

【00007】

P型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62は、金属電極63及び64にはんだ付けされ、交互に直列に接続されて熱電変換素子69を形成している。熱電変換素子69の両端の電極63には、リード線65と66とが接続されている。

【00008】

例えば、熱電変換装置70をヘルテュ冷却装置として動作させる場合には、吸熱側のセラミックス基板68が、冷却しようとする発熱体60、例えば半導体発熱部品等にてきまるだけ緊密に熱的に接触するように配置し、他方のセラミックス基板67は、大気等にすみやかに放熱する構造とする。

【00009】

そして、吸熱側のセラミックス基板68上では、n型熱電半導体エレメント62からP型熱電半導体エレメント61へ電流が流れて吸熱が行われ、放熱側の基板面67上では、P型熱電半導体エレメント61からn型熱電半導体エレメント62へ電流が流れて発熱が行われるように、リード線65及び66を電源に接続する。

【00010】

ここで、P型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62として用いられる熱電半導体材料としては、一般に、下記の式で表される性能指数区が大きい材料が望ましい。

【00011】

$$Z = \alpha^2 \cdot \sigma / \kappa$$

（但し、 α は、ゼーベック係数と呼ばれ、熱電半導体材料の両端に1K（ケルビン）の温度差がある時に、この両端間に発生する起電力のことである。また、 σ は熱電半導体材料の電気伝導率を表し、 κ は熱電半導体材料の熱伝導率を表す。）

【00012】

上式から、性能指数区Zの値を大きくするには、電気的な性能を表す $\alpha^2 \cdot \sigma$ の値を大きくするだけでよく、熱伝導率 κ の値を小さくしなければならない。

【00013】

しかし、一般に、熱電半導体材料においては、 σ の値が大きくなると、 α の値が小さくなる傾向がある。

【00014】

現在、ヘルテュ冷却素子には、一般に、P型熱電半導体エレメント61として $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$ 合金等が用いられ、n型熱電半導体エレメント62として $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$ 合金等が用いられ、これら Bi_2Te_3 系の材料の性能指数区は、 $2 \cdot 5 \sim 3 \cdot 0 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ 程度である。

【00015】

熱電変換装置では、直列に接続されている、P型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62のエレメント本数が多いほど、ヘルテュ冷却素子としては吸熱量が大きくなり、ゼーベック発熱素子としては発生起電力が大きくなる。そのため、単位面積あたりに配置されるエレメント本数をできるだけ多くするように、エレメントの断面積が決められる。なお、現状の細いエレメントのサイズは $0 \cdot 5 \text{ mm} \times 0 \cdot 5 \text{ mm} \times 1 \cdot 0 \text{ mm}$ 程度である。

【00016】

【発明が解決しようとする課題】

図10のような従来の熱電変換装置70等には、主として2つの問題点がある。

10

20

30

40

50

【0017】

第1は、構造上の問題点で、熱電変換素子69と外部との熱の授受が、セラミックス基板67及び68を介して行われる構造になっているため、熱伝導率の低いセラミックス基板67及び68によって熱電変換性能が低下することである。

【0018】

また、セラミックス基板67及び68の低い熱伝導性の結果、発熱体60に接触している部分と接触していない部分の間に温度の不均一が生じると、熱膨張の違いによる歪みがセラミックス基板67及び68に生じ、熱電半導体エレメント61及び62や電極63及び64が破損する恐れが生じる。これらの部品は直列に接続されているため、これらのうちの1つでも破断すると、熱電変換素子69全体が使用不可能になる。

【0019】

そこで、図11に示すようにセラミックス基板を除き、基板温度の不均一による部品の破損を防止し、且つ、熱電変換素子69αと外部との熱の授受をセラミックス基板を介さずに行うことで、発熱体60に対する熱電変換素子69αの熱吸収効率を高め得るように、スケルトン構造の熱電変換装置70αが提案されている。

【0020】

図11の熱電変換装置70αでは、各6個のP型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62が図10の熱電変換装置70と同様に配置され、蛇行状に直列接続されている。下部電極63α及び上部電極64αは、それぞれ、図10のセラミックス基板67及び68上の電極63及び64と同じパターンで配置されている。

【0021】

しかし、熱電変換装置70αは、P型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62を支持する支持体が無いため、強度的に脆弱となる問題点がある。

【0022】

第2の問題点は、製造に関するものである。図10のような熱電変換装置を製造するには、図12(a)に示すように、金属電極63が形成された下部セラミックス基板67に、P型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62を手作業もしくはロボットを用いて配置し、加圧しながらはんだを溶融して各エレメントを電極63に接合した後、上部セラミックス基板68を配置してはんだを溶融し、各エレメントをセラミックス基板68上の電極64に接合する。

【0023】

この構造は、電極63及び64をセラミックス基板67及び68上にメタライゼーション等によって形成する必要があるため、コストアップの要因となっている。

【0024】

また、P型熱電半導体エレメント61及びn型熱電半導体エレメント62の基板67上への配列は、穴あけ時具を用いたマニュアル組み立てや振動振込み治具やロボット等を用いた機械組み立てで行われるが、この時、図12(b)に示すように、エレメントの浮き、割れ、欠けやずれ及びロボットアーム72がエレメントに衝突することによるエレメントの欠け等が起こる等の品質上の問題が生じる。熱電変換素子69では、各エレメント及び各電極が直列に接続されているため、一つでも破断すると使用不可能になる。これも、熱電変換装置のコスト上昇の原因となる。

【0025】

本発明の目的は、上記のような実情に鑑み、外部との熱交換効率に優れ、熱歪みで破損しにくく、十分な物理的強度を有する熱電変換装置、及び、その簡便で、能率的で、低コストな製造方法を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】

即ち、本発明における第1の発明は、複数種の熱電変換エレメントが支持体の一方の面に交互に配列され、この配列方向と交差する方向における前記複数種の熱電変換エレメントの端部間が接続され、外部との熱の授受が少なくとも前記端部を介して行われる熱電変換

10

20

30

40

50

装置に係わるものである。

【0027】

又、本発明における第2の発明は、複数種の長手状熱電変換エレメントが支持体の一方の面に交互に配列され、この配列方向と交差する方向における前記複数種の長手状熱電変換エレメントの端部間が接続されている熱電変換装置に係わるものである。

【0028】

又、本発明における第3の発明は、複数種の熱電変換エレメントが支持体の一方の面に交互に配列され、この配列方向と交差する方向における前記複数種の熱電変換エレメントの端部間が接続され、外部との熱の授受が少なくとも前記端部を介して行われる熱電変換装置の製造方法であって、前記複数種の熱電変換エレメントのうちの第1の熱電変換エレメントを前記支持体上に配列する工程と、前記第1の熱電変換エレメント間に第2の熱電変換エレメントを配列する工程と、前記第1の熱電変換エレメント及び前記第2の熱電変換エレメントを前記端部間へ接続する工程とを有する、熱電変換装置の製造方法に係わるものである。

【0029】

第1の発明によれば、前記複数種の熱電変換エレメントは前記支持体の一方の面側に於いて支持され、前記複数種の熱電変換エレメントの接続部（熱電変換による熱の吸収または発生が行われた場所）が、前記熱電変換エレメントの配列方向と交差する方向における端部に設けられている。この端部は、外部に対して露出していて、この部分を通過する熱の流れを導くものがない。

【0030】

このため、前記支持体により十分な物理的強度を保ちながら、外部との熱の授受においては、スケルトン構造と同様の高い効率を実現できる。

【0031】

第2の発明によれば、長手状の形状を有する熱電変換エレメントを用いて、第1の発明と同じ構造の熱電変換装置を構成しているため、結果として、第1の発明の特徴を最も良く発揮せしめる熱電変換装置を実現できる。

【0032】

第3の発明は、第1の発明の熱電変換装置の製造方法であって、前記支持体上に第1の熱電変換エレメントを配列する工程と、前記第1の熱電変換エレメント間に第2の熱電変換エレメントを配列する工程とが独立しているため、第1の発明の熱電変換装置を効率良く、歩留まりよく、低コストで製造できる。

【0033】

【発明の実施の形態】

本発明において、前記複数種の熱電変換エレメントの支持方法としては、その端部を前記支持体に設けた電極に接合するのがよく、この場合、前記熱電変換エレメントが長手状であるのが好都合である。

【0034】

また、前記支持体が可塑性の高分子支持体であるのがよい。セラミックス基板を支持体として用いると、熱電変換素子が外部からの衝撃等から保護される反面、熱電変換素子の可塑性や柔軟性が損なわれる。また、セラミックス基板に温度の不均一が生じると、熱膨張の違いによる歪みが生じ、それに接合されている熱電半導体エレメントや電極が破損する心配がある。高分子シートは、適度な強度と可塑性を併せ持っているため、このような問題は生じない。

【0035】

また、前記支持体がシート状の前記高分子支持体である場合には、電極を印刷等の方法で形成できるため、電極がメタライゼーション等により形成されるセラミックス基板を用いる場合より、製造コストを抑えることが可能となる。

【0036】

また、前記支持体がシート状の前記高分子支持体である場合には、その上に作製された熱

10

20

30

40

50

電変換素子もシート状の形状を有するものになるので、ロール状に巻き取ることができ、大量生産には好都合である。使用時には、必要な寸法だけ切断して使用することも可能となる。

【0037】

また、前記支持体に可 性があるとして、後述のように、重ねたり巻きつけたりなどして、前記複数種の熱電変換エレメントの配列体を様々な形状に集合体化することができる。

【0038】

また、前記高分子支持体が前記複数種の熱電変換エレメントの、且つ、外部との熱の伝達を阻害しないためには、前記高分子支持体の幅に亘って、前記熱電変換エレメントが延びているのがよい。

【0039】

また、前記支持体は、片側から前記複数種の熱電変換エレメントの配列体を支持するだけでもよい。しかし、より強力的に前記複数種の熱電変換エレメントの配列体を保護し、前記電極に接続するには、一対の前記支持体が前記複数種の熱電変換エレメントの配列体を両側から挟み込む構造になっているのがよい。

【0040】

また、前記複数種の熱電変換エレメントが、電気的に直列に接続されているのがよい。直列に接続されている前記複数種の熱電変換エレメントの本数を増加させるほど、ペルチェ冷却素子としての吸熱量若しくはゼーベック発電素子としての起電力を大きくとることができる。

【0041】

具体的には、前記支持体上に配列された前記複数種の熱電変換エレメントの配列体が平面形状である場合には、複数段に積層し、この積層方向にて前記配列体間を直列に電気的に接続するのがよい。

【0042】

前記複数種の熱電変換エレメントの配列体が前記高分子支持体のような可 性の前記支持体上に配列されている場合には、前記支持体の折り返しによって蛇行形状としたり、ロール状に巻き重ねた形状にするのがよい。

【0043】

前記複数種の熱電変換エレメントが、P型及びn型の熱電半導体からなるのがよい。

【0044】

また、前記熱電変換エレメントがペルチェ素子又はゼーベック発電素子を構成するのがよい。

【0045】

また、熱電変換素子の性能や変形時の強度を向上し、更には、隣接する前記熱電変換エレメント間の絶縁性を向上させるために、互いに隣接する前記熱電変換エレメント間に、熱伝導率の低い絶縁材が充填されているのがよい。

【0046】

第3の発明に係わる熱電変換装置の製造方法においては、電極が形成された前記支持体上に、前記複数種の熱電変換エレメントのうちの第1の熱電変換エレメントを配列する工程と、電極が形成された第2の支持体上に、第2の熱電変換エレメントを配列する工程と、前記第1の熱電変換エレメント及び前記第2の熱電変換エレメントを前記端部間で前記電極を介して接続する工程と、前記第1の熱電変換エレメント及び前記第2の熱電変換エレメント同士を互いに 結合せる工程とを有するのがよい。

【0047】

上記の熱電変換装置の製造方法では、第1の熱電変換エレメント及び第2の熱電変換エレメントは、前記支持体及び前記第2の支持体上に別々に配置された後、一体化される。そのため、P型熱電半導体エレメント1とn型熱電半導体エレメント2とを混同して配置する誤りがなくなる。

【0048】

10

20

30

40

50

また、各支持体上での熱電半導体エレメントのピッチは2倍に拡大するので、配置作業が容易になり、配置作業に伴う熱電半導体エレメントの破損等が少なくなり、より高密度配置が可能になる。

【0049】

また、前記熱電変換装置を大量に効率良く製造するには、前記熱電変換エレメントを配列すべき支持体を繰り出し、前記 組合せ工程後に所定寸法に切断するのがよい。

【0050】

次に、本発明の好ましい実施の形態を図面を参照下に具体的に説明する。

【0051】

実施の形態1

図1(a)は、本発明の実施の形態1に基づく熱電変換装置50の概略斜視図である。支持体として電気絶縁性で可塑性のある一對のフレキシブルな高分子シート7及び8を用いる。各シートの横方向の端部には、板状の金属などで、高分子シート7上に電極3が設けられ、高分子シート8上に電極4が設けられている。そして、2枚の高分子シート7及び8の間に、高分子シートの幅とほぼ同じ長さのP型熱電半導体エレメント1及びn型熱電半導体エレメント2が交互に配列され、各エレメントは、その端部21及び22の側面に電極3及び4にはんだ付けされ、面列に接続されている。この接続位置は、端部21及び22の側面間で行うのが望ましいが、端部23及び／又は24の間で行ってもよい。

【0052】

P型熱電半導体エレメント1とn型熱電半導体エレメント2との接合部に直流電流を流すと、n型からP型に流れる接合部では熱が吸収され、P型からn型に流れる接合部では熱が放出される。

【0053】

従って、図1(a)の熱電変換装置50をペルチェ冷却装置として用いる場合、例えばリード線5を直流電源の正極に接続し、リード線6を直流電源の負極に接続し、図の矢印の方向に直流電流を流し先とすると、熱電半導体エレメント1及び2と電極4との接合部で熱が吸収され(吸熱部10)、熱電半導体エレメント1及び2と電極3との接合部で熱が放出される(発熱部9)。

【0054】

吸熱部10において、電極4は、高分子シート8上に設けられているものの、高分子シート8の熱伝導性は低い。一方、熱電半導体エレメント1及び2の端面24は、外部に対して露出していて、端面24を通過する熱の流れを遅らせるものがない。従って、冷却しようとする物、例えばCPU(中央演算ユニット)等の発熱体から熱電変換装置50が熱を吸収する効率は、高分子シート8を通過する経路よりも、熱電半導体エレメント1及び2の端面24を通過する経路の方が高い。そこで、熱電変換装置50では、端面24が冷却しようとする物に熱的に密着するように配置する。

【0055】

このように、熱電変換装置50と外部との間で行われる熱の授受が、主として、従来の支持体を通過する経路ではなく、支持体上に配列された熱電半導体エレメントの配列方向から見た側面(端面24)で行われること、又、それを可能にするように熱電変換エレメントの接合部が側面に露出するように熱電変換エレメント1及び2が支持体7及び8上に配列されていることが、本実施の形態1に基づく熱電変換装置50の特徴である。

【0056】

この結果、本実施の形態1に基づく熱電変換装置では、十分な物理的強度を保ちながら、外部との熱の授受においては、スクルトン構造の熱電変換装置と同様の高い効率を実現する。

【0057】

また、発熱部9には、放熱特性(熱伝達効率)をより向上させるために、ヒートシンクやヒートパイプ等を設けるのが望ましい。これらの放熱手段は、吸熱部10と同じ理由で、

10

20

30

40

50

熱電変換エレメント 1 及び 2 の発熱側の端面 2 3 に熱的に密着するように配置する。

【0058】

本実施の形態に用いられる熱電半導体エレメントとしては、チップ状のものでもよいが、製造上は、長手状の形状を有するものが好都合である。図 1 (a) には、断面が方形の角棒状の熱電半導体エレメント 1、2 を用いる例を示したが、図 1 (b) に示すように、断面が円形の丸棒状の熱電半導体エレメント 11、12 を用いてもよい。

【0059】

熱電半導体エレメントの材質は、特に限定されるものではなく、その目的や用途に応じて選択すればよい。例えば、ペルチェ材料の代表的な例として知られる $Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ 合金、 $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ 合金等のペルチェ材料や、 $Si-Ge$ 合金、 $YbAl_3$ 系合金、 $Fe-Al$ 系合金、酸化物熱電変換材料および有機物熱電変換材料等を挙げることができる。

【0060】

但し、 $Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ 合金、 $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ 合金等の結晶は、結晶のどの方向に電流が流れるかによって熱電性能が変化する方向性（異方性）を有する。よって、長手形状の熱電半導体エレメントを作製する場合には、長手方向が熱電性能がよい結晶の方向と一致するように結晶を加工することが望ましい（図 1 (c)）。

【0061】

なお、電極 3 及び 4 に薄い銅箔等の金属箔を用いることにより、電極部分での可塑性を確保することができる。フレキシブルな電極として、銅箔等の金属箔電極にかえて、導電性ペーストを塗布したものを用いてもよい。

【0062】

熱電半導体エレメントとして丸棒状のエレメント 11、12 を用いる場合には、図 1 (c) に示すように、電極 1 3 に断面円弧状の凹部を設け、エレメント 11、12 をこの凹部にはめ込むことによって、平板電極に接続する場合に比べてエレメントをより安定に支持し、十分な強度を保つことができる。

【0063】

そして、図 1 (d) に示すように、電極 1 3 を 2 重構造にして、円弧状の凹部をもつエレメント保持部 14 とフレキシブルな銅箔などの金属箔電極 15 とで構成することにより、角柱形のエレメントを平板電極に接続する場合に比べ、エレメントと電極とをより剥離しにくく、且つ電極部をフレキシブルにすることができる。

【0064】

また、P 型熱電半導体エレメント 1 又は 11 及び n 型熱電半導体エレメント 2 又は 12 とはんだ 17 との濡れ性が良くない場合には、各エレメントに、例えば、ニッケル等を蒸着法やめっき法等の被着方法により、予めコーティングしておくのがよい。

【0065】

また、銅などの電極材料とエレメントの反応を防ぐため、また銅などの酸化を防ぐために、エレメントもしくは電極にニッケルや金などをめっきしてもよい。

【0066】

高分子シート 7 及び 8 の材質は、耐熱性があって適当な機械的強度があればよく、特に限定されるものではなく、その目的や用途に応じて選択すればよい。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリイミド、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルホン（PES）等を挙げることができる。

【0067】

セラミックス基板を支持体として用いると、熱電変換素子が外部からの衝撃等から保護される反面、熱電変換素子の可塑性や柔軟性が損なわれる。また、セラミックス基板に温度の不均一が生じると、熱膨張の違いによる歪みが生じ、それに接合されている熱電半導体エレメントや電極が破損する心配がある。高分子シートは、過度な強度と可塑性を併せ持っているため、このような問題は生じない。

【0068】

10

20

30

40

支持体がシート状の形状をもつので、その上に作製された熱電変換素子もシート状の形状を有するものになる。これは、何千、何万という個数の熱電半導体エレメントを扱う大量生産には好都合である。シート状の形状をもつため、次のようなことも容易に行うことができる。

【0069】

例えば、熱電変換素子の製造時には、ロール状に巻かれた長い高分子シートを連続して少しずつ繰り出し、その上に自動機械によって熱電半導体エレメントを順次、配列して接続する。作製された、シート状に連続した熱電変換素子は、できるだけロール状に巻き取っていく。使用時には、ロール状に巻き取られて保存されていた、長大なシート状の熱電変換素子から、必要な長さだけ切り出して使えばよい。

【0070】

なお、このような作製、保存及び使用の方法を適用するには、図3(a)に示すように、シートの両端に規則的に穴が開けられた側部7aがシートの両端にあると、好都合である。この規則的に開けられた穴を用いて、シートの繰り出し、保持、位置決め、巻き上げ等を容易に確実に行うことができる。そして、装置への熱電変換素子の組み込みが終わり、不要になれば、この側部7aは切り落としてしまえばよい。

【0071】

また、図2に示すように、熱電半導体エレメント間の隙間を通じて起こる好ましくない熱伝導を抑え、熱電変換素子の変形時の強度を向上し、隣接する前記熱電変換エレメント間の絶縁性を向上させるために、互いに隣接する熱電変換エレメント間に、熱伝導率の低い絶縁材を充填してもよい。この絶縁性断熱材としては、例えば、シリコン系樹脂25、ゴム系の多孔質絶縁材料26、中空のボール状セラミックス27等を用いることができる。

【0072】

図3は、図1の熱電変換装置50の変形例の1つで、高分子シート7及び8の両方に電極3及び4を設け、上下から電極で熱電半導体エレメント1及び2を挟み込む構造にした例である。この装置では、電極部に於いてエレメント1、2を強力に保持して、接合部での接触抵抗を減らすことができる。

【0073】

図4も、図1の熱電変換装置50の変形例の1つで、P型熱電半導体エレメント1とn型熱電半導体エレメント2とが、電極を介さず、直接接触することにより、電気的に接続されている例である。接続部以外の部分は、断熱材28により絶縁されていて、断熱材28としては、ガラス、マイカ（雲母）、アルミナ等のセラミックスなどを用いることができる。

【0074】

実施の形態2

次に、本発明の実施の形態2として、図1(a)の熱電変換装置を作製する工程を、図5を参照しながら工程順に説明する。

【0075】

予め、高分子シート7及び8には、それぞれ、電極3及び4を印刷等の方法で形成しておく。まず、図5(a)及び(b)に示すように、一方の高分子シート7上の電極3上にはんだクリーム17（図示せず）を塗布し、その上にP型熱電半導体エレメント1のみを所定の位置に配置して、P型熱電半導体エレメント配列体31を作製する。

【0076】

同様に、他方の高分子シート8上の電極4上にはんだクリーム17（図示せず）を塗布し、その上にn型熱電半導体エレメント2のみを所定の位置に配置して、n型熱電半導体エレメント配列体32を作製する。

【0077】

次に、図3(c)及び(d)に示すように、P型熱電半導体エレメント配列体31にn型熱電半導体エレメント配列体32を め合せ、各エレメントを所定の位置で電極に接合し

10

20

30

40

50

て、結果として、P型熱電半導体エレメント配列体31とn型熱電半導体エレメント配列体32とを一体化する。

【0078】

上記の作業を通じて、規則的に穴のあいた高分子シート側部7a及び8aは、高分子シート7及び8の位置決めや送りに有効に使われる。次に、不要になった高分子シート側部7a及び8aを切り落とし、電極3にリード線5及び6を設けて、熱電変換装置50を完成する。

【0079】

実施の形態2による熱電変換装置50の製造方法では、P型熱電半導体エレメント1及びn型熱電半導体エレメント2は、別々の高分子シート7及び8上に予め配置された後、一体化される。そのため、P型熱電半導体エレメント1とn型熱電半導体エレメント2とを混同して配置する誤りがなくなる。

【0080】

また、高分子シート7及び8それぞれでの熱電半導体エレメント間のピッチは2倍に拡大するので、配置作業が容易になり、配置作業に伴う熱電半導体エレメントの破損等が少なくなり、より高密度配置が可能になる。

【0081】

図8は、図5の方法を大量生産に適するように変形した製造方法の一工程を示すものである。この方法では、多数の熱電半導体エレメントを配置した、P型及びn型熱電半導体エレメント配列体31及び32を予め製造して、それぞれ、巻き取り機34及び35に巻き取っておく。そして、両者を一体化する工程を、巻き取り機34及び35に巻き取っておいたP型及びn型熱電半導体エレメント配列体31及び32を、それぞれ、少しずつ繰り出しながら加圧機36で加圧して行なう。図8は、この一体化の工程の状態を示す概略斜視図である。

【0082】

煩雑になるので、図8では図示を省略したが、このような工程でこそ、規則的に穴のあいた高分子シート側部7a及び8aは、効果的に活用されることは言うまでもない。

【0083】

実施の形態3～5

上記のようにして作製されたシート状の熱電変換素子を、積層したり、コンデンサのように巻いていくことで、簡便に様々な形態の熱電変換素子集合体からなる熱電変換装置を作製することができる。以下、その例を説明する。

【0084】

実施の形態3

原理的には、平面状の熱電変換素子を重ね合わせ直列接続することにより、任意の大きさの熱電変換素子集合体を得ることができる。先述のように、直列に接続されるエレメントの本数を増加させるほど、ペルチェ冷却素子としての吸熱量若しくはゼーベック発電素子としての起電力を大きくとることができる。

【0085】

例えば100μm以下の厚さのポリイミドからなる柔軟な絶縁シートの片側に80μm以下の厚さの電極を印刷し、0.4×0.4×1.0mmのP型熱電半導体エレメント1及びn型熱電半導体エレメント2を配列し、1層が3対の熱電変換素子シートとする。図7(a)では、これを8層積層し、層と層の間を横電極41で接続している。これにより、18対のエレメントを持つ5.0×5.0×1.0mmの熱電変換素子を作製できる。

【0086】

図7(a)及び(b)は、このようにして作製された熱電変換素子に、電源と接続するための外部接続電極45及び46を設けた、本発明の実施の形態3に基づく熱電変換装置51の概略斜視図(a)と発熱部側から見た側面図(b)とである。ここで、下から数えて奇数番目の層では、P型熱電半導体エレメント1及びn型熱電半導体エレメント2は、図1に示した実施の形態1に基づく熱電変換装置と同様に配列され、偶数番目の層では、エ

10

20

30

40

50

レメント 1 及びエレメント 2 が逆順に配列されている。

【0087】

熱電変換素子の導通試験を行って、ある場所で断線していた場合、これまでは素子を破壊するしかなかったが、このような構造をとる場合、断線しているシートのみを交換することによって対応できるので、歩留まりがよくなる。

【0088】

熱電変換素子の強度を保つためにエレメント間の隙間に熱伝導率の低い多孔質、発泡性の柔軟な絶縁性材料やシリコンなどのゴム系の材料や中空洞である球状のセラミックスなどを注入しても良い。そのことにより、エレメントの強度が増し、曲げに対しての衝撃吸収材となる。

【0089】

なお、発熱体の面積次第で、エレメントの数や寸法、接続の仕方などを変えてもよい。

【0090】

熱電変換装置 51 では、図 1 (a) の熱電変換装置 50 と同様に、熱電半導体エレメント 1 及び 2 の端面 23 及び 24 は、装置の側面部 9 及び 10 において外部に対して露出していて、支持体等によって端面 23 及び 24 を通過する熱の流れが遮られることがない。従って、熱電変換装置 51 と熱の授受を行う物体は、端面 23 及び 24 に熱的に密着するように配置し、端面 23 及び 24 を通じて、主たる熱交換が行われるようにする。

【0091】

例えば、図 7 (a) のように外部接続電極を電源に接続して熱電変換装置 51 をペルチエ冷却装置として機能させる場合、端面 24 が位置する左側側面が吸熱部 10、端面 23 が位置する右側側面が発熱部 9 になる。

【0092】

図 7 (c) は、そのときの使用形態を表す配置図である。吸熱部 10 が冷却しようとする発熱体 80、例えば半導体発熱部品等にするだけ緊密に熱的に接触するように配置する。発熱部 9 には、絶縁性を考慮したヒートシンク 58 等を接続するのもよい。熱電変換装置 51 は、主たる熱の授受が行われる側面 9 及び 10 にセラミックス基板等の支持体が無く、熱電半導体エレメントの端面 23 及び 24 が露出しているので、発熱体 80 から熱を吸収する効率並びにヒートシンク 58 等に熱を放出する効率に優れている。

【0093】

室温から 100℃以下でこの素子が使われる場合、発熱体と熱電変換素子の間の熱抵抗を下げるため、シリコンゴムなどにアルミナなど熱伝導率が高いフィラーが分散した吸熱スプレーサ 59 を挿入してもよい。発熱体 80 が導電体の場合は、このスプレーサ 59 の存在により、熱電変換素子が短絡することを防ぐことができる。

【0094】

実施の形態 4

図 8 (a) は、1 枚の高分子シート 7 上に P 型熱電半導体エレメント 1 及び n 型熱電半導体エレメント 2 が交互に配置された熱電半導体エレメント配列体の、エレメント側から見た平面図である。電極 3 及び 4 のうち、エレメントに接合される部分（点線で示した部分）は、エレメントに隠れて見えない。

【0095】

図 8 (b) は、このシート状の熱電半導体エレメント配列体を蛇行状に折り返して熱電変換素子ブロックを作製し、これに外部接続電極 45 及び 46 を設けた熱電変換装置 52 の概略斜視図である。同ブロックの左右及び手前側の面には、高分子シートの裏面が配置されている。

【0096】

こうした構造により、吸熱面積及び放熱面積を広くすることができ、熱電変換効率が向上する。なお、折り返し部分の電極 42 は他の電極より長く取ってやる必要がある。

【0097】

上記のように、シート上に配列された熱電半導体エレメントの 1 次元的な配列体から、シ

10

20

30

40

50

ートを折り返すという簡単な操作で、熱電半導体エレメントの２次元的な配列体を作製できる。これは、１次元の配列体を製造する容易さで２次元の配列体を製造することを可能にするもので、歩留まり良く、低コストに熱電変換装置を製造方法として極めて有効である。

【００９８】

実施の形態５

図９（α）は、１枚の高分子シート７上にＰ型熱電半導体エレメント１及びＮ型熱電半導体エレメント２が交互に配置された熱電半導体エレメント配列体の、エレメント側から見た平面図であり、図９（β）は、その側面図（β）である。図９（α）では、電極３及び４のうち、エレメントに接合される部分（点線で示した部分）は、エレメント１及び２に隠れて見えない。

【００９９】

図９（γ）は、このシート状の熱電半導体エレメント配列体を、高分子シート７を外側に引いて円柱状に巻いて熱電変換素子ブロックを作製し、これに外部接続電極４５及び４６を設けた熱電変換装置５３の概略斜視図である。中心部のエレメントから外部へ電極を出すために、電極４５は、高分子シート７の裏面を長く通わせて外部に出す構造とする。

【０１００】

円柱状に巻いた状態でエレメント同士が接触しないように、熱電変換素子ブロックの中心部を形成するエレメントは、高分子シート７上ではエレメント間の間隔が大きくなるように高分子シート７上に配置されている（図９（α））。エレメント間の絶縁性を確保し、熱電変換装置の強度を向上させるために、エレメント間に熱伝導率の低い絶縁材を充填してもよい。この絶縁性断熱材としては、例えば、シリコン系樹脂２５、ゴム系の多孔質絶縁材料２６、中空のボール状セラミックス２７等を用いることができる。

【０１０１】

なお、図９（δ）のように、エレメント装着面側を外側に引いてシート状の熱電半導体エレメント配列体を巻けば、エレメント同士の接近の問題は緩和される。但し、外側に何らかの保護材が必要になる。

【０１０２】

こうした構造とするにより、吸熱面積及び放熱面積を広くすることができ、熱電変換効率が増加するとともに、コンパクトにして円形の冷却面をもつベルチェ冷却装置等を作製できる。

【０１０３】

上記のように、シート上に配列された熱電半導体エレメントの１次元的な配列体から、シートを巻き重ねるという簡単な操作で、熱電半導体エレメントの２次元的な配列体を作製できる。これは、１次元の配列体を製造する容易さで２次元の配列体を製造することを可能にするもので、歩留まり良く、低コストに熱電変換装置を製造方法として極めて有効である。

【０１０４】

【発明の作用効果】

本発明の第１の発明によれば、複数種の熱電変換エレメントは支持体の一方の面側において支持され、複数種の熱電変換エレメントの接続部（熱電変換による熱の吸収または発生が行われる場所）が、熱電変換エレメントの配列方向と交差する方向における端部に設けられている。この端部は、外部に対して露出していて、この部分を通過する熱の流れを返すものがない。

【０１０５】

このため、支持体によって支えられ十分な物理的強度を保ちながら、外部との熱の授受においては、スケルトン構造の熱電変換装置と同様の高い効率を実現できる。

【０１０６】

第２の発明によれば、長手状の形状を有する熱電変換エレメントを用いて、第１の発明と同じ構造の熱電変換装置を構成しているため、結果として、第１の発明の特徴を最も良く

10

20

30

40

50

発揮せしめる熱電変換装置を実現できる。

【0107】

第3の発明は、第1の発明の熱電変換装置の製造方法であって、前記支持体上に第1の熱電変換エレメントを配列する工程と、前記第1の熱電変換エレメント間に第2の熱電変換エレメントを配列する工程とが独立しているため、第1の発明の熱電変換装置を効率良く、歩留まりよく、低コストで製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に基づき熱電変換装置の概略斜視図(a)、(b)及び電極部の概略断面図(c)、(d)である。

【図2】同、熱電変換装置の他の例の概略断面図である。

【図3】同、熱電変換装置の他の例の概略斜視図である。

【図4】同、熱電変換装置の他の例の要部平面図である。

【図5】本発明の実施の形態2に基づき熱電変換装置の製造方法を示す概略斜視図である。

【図6】同、熱電変換装置の他の製造方法の一工程を示す概略斜視図である。

【図7】本発明の実施の形態3に基づき熱電変換装置の概略斜視図(a)、側面図(b)、使用形態である。

【図8】本発明の実施の形態4に基づき熱電変換装置の概略斜視図である。

【図9】本発明の実施の形態5に基づき熱電変換装置の概略斜視図である。

【図10】従来の一般的な熱電変換装置の構造を示す概略斜視図である。

【図11】従来の一般的な熱電変換装置の構造を示す概略斜視図(a)、側面図(b)及び平面図(c)である。

【図12】従来の一般的な熱電変換装置の製造方法を示す概略斜視図(a)及び側面図(b)である。

【符号の説明】

1 P型熱電半導体エレメント(角棒)、

2 n型熱電半導体エレメント(角棒)、

3 電極(発熱側)、4 電極(吸熱側)、5 リード線(正極側)、

6 リード線(負極側)、7、8 高分子シート、9 発熱部、10 吸熱部、

11 P型熱電半導体エレメント(丸棒)、

12 n型熱電半導体エレメント(丸棒)、13 電極(発熱側)、

14 電極(吸熱側)、15 エレメント保持部、16 金属箔電極、

17 はんだ、21 端部(発熱側)、22 端部(吸熱側)、

23 端面(発熱側)、24 端面(吸熱側)、25 シリコン系樹脂、

26 多孔質絶縁材料、27 中空のホル状セラミックス、28 断熱材、

31 P型熱電半導体エレメント配列体、

32 n型熱電半導体エレメント配列体、33 熱電半導体エレメント配列体、

34 P型熱電半導体エレメント配列体巻き取り機、

35 n型熱電半導体エレメント配列体巻き取り機、36 加圧機、

41 横電極、45 外部接続電極(正極側)、

46 外部接続電極(負極側)、50、51 熱電変換装置、

58 ヒートシンク、59 吸熱スプレーサ、60 発熱体、

61 P型熱電半導体エレメント、62 n型熱電半導体エレメント、

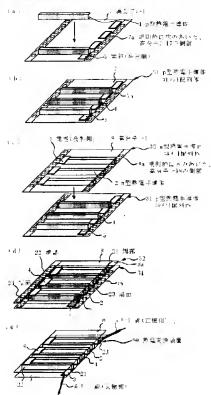
63、64 金属電極、63a、64a 金属電極(スケルトン構造)、

65、66 リード線、67、68 セラミックス基板、69 熱電変換素子、

70 熱電変換装置、71 はんだ、72 ロボットアーム

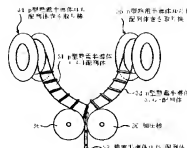
【図 5】

本発明の半導体の形成法に基づく熱電変換装置の製造方法



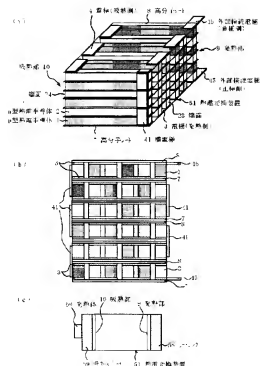
【図 6】

本発明の半導体の形成法に基づく熱電変換装置の他の製造方法の一工程



【図 7】

本発明の半導体の形成法に基づく熱電変換装置



【図 8】

本発明の実施の形態 4 に基づく熱電変換装置

